

ба, склеєної термопластичними неструктурованими клеями, за характером зміни нагадує зміну міцності для деревини дуба, яка склеєна структурованими термопластичними клеями. Найменша міцність клейового з'єднання незалежно від температури спостерігається за вологості 66,32 %. Із збільшенням вологості міцність зростає за будь-якої температури і досягає найбільшого значення за максимальної вологості 90,35 %.

Тобто ми знову отримали синусоїдальну зміну міцності, згідно з якою міцність постійно зменшується за мінімальної вологості 66,32 % для будь-якої середньозваженої температури. У разі зростання вологості міцність постійно збільшується. Починаючи з 6-го місяця експлуатації характер зміни міцності є дещо слабшим, тобто зі збільшенням вологості міцність збільшується, але з меншою інтенсивністю. Тобто, залежність міцності неструктурованих клейових з'єднань від температурно-вологісних навантажень є подібною до аналогічної залежності структурованих клейових з'єднань.

Підсумовуючи зазначимо, що за допомогою математичної моделі здійснено прогнозування та дослідження зміни міцності для клейових з'єднань деревини дуба склеєної структурованими і неструктурованими ПВА клеями. За результатами досліджень міцності встановлено, що термопластичні клейові з'єднання деревини дуба краще будуть експлуатуватися за від'ємних температур та підвищеної вологості навколишнього середовища.

Література

1. Патент на винахід № 98515 Україна, МПК G01N 33/46, G01L 1/26. Спосіб прогнозування міцності та довговічності з'єднань деревини клеями на основі полівінілацетату / Б.Я. Кшивецький, П.А. Бехта (Україна); Заявл. 25.05.2010; Опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10.
2. Патент на корисну модель № 45134 Україна, МПК B23B 21/00. Спосіб прогнозування довговічності клейових з'єднань деревини дуба клеями на основі полівінілацетату / Б.Я. Кшивецький, П.А. Бехта (Україна); Заявл. 29.05.2009; Опубл. 26.10. 2009, Бюл. № 5.
3. Кшивецький Б.Я. Прогнозування довговічності клейових з'єднань деревини клеями на основі полівінілацетату / Б.Я. Кшивецький, П.А. Бехта // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість : міжвідомч. наук.-техн. зб. – Львів : Вид-во НЛТУ України. – 2009. – Вип. 35. – С. 84-89.
4. Кшивецький Б.Я. Температурно-вологісна стійкість клейових з'єднань на термопластичній основі / Б.Я. Кшивецький, О.П. Гупало // Науковий вісник УкрДЛТУ : зб. наук.-техн. праць. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 2002. – Вип. 12.5. – С. 26-28.
5. Кшивецький Б.Я. Механізм формування термопластичних клейових з'єднань деревини / Б.Я. Кшивецький // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.12. – С. 117-122.
6. Кшивецький Б.Я. Вплив температури на механізм формування та руйнування термопластичних клейових з'єднань деревини / Б.Я. Кшивецький, Л.В. Салапак // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.4. – С. 144-148.
7. Kshyvetsky B. Prediction of durability of adhesive joints of oak timber by polyvinyl acetate-based adhesives / B. Kshyvetsky, O. Kiyko, Y. Sokolovsky // Pokroky vo vyrobe a pozuiti lepidiel v drevopriemysle (adhesives in woodworking industry). Technical University in Zvolen (Slovakia). Proceedings of the XXI symposium. Vydavatelstvo TU Zvolen. – 2013. – С. 122-127.

Кшивецький Б.Я. Влияние влажности и температуры на прочность термопластичных клеевых соединений древесины лиственных пород

На примере древесины дуба, приведены результаты исследований влияния влажности и температуры окружающей среды на прочность поливинилацетатных клеевых соединений лиственных пород древесины. Для исследований использована математи-

ческая модель прогнозирования прочности термопластичных клеевых соединений древесины. Осуществлен анализ полученных результатов прогнозирования прочности клеевых соединений древесины дуба. Исследовано влияние строения и структуры древесины дуба, химических компонентов структурированных и неструктурированных поливинилацетатных клеев на прочность клеевых соединений при эксплуатации. Установлена закономерность изменения прочности термопластичных поливинилацетатных клеевых соединений древесины дуба в зависимости от изменения влажности и температуры окружающей среды.

Ключевые слова: клей, древесина, прочность, влажность, температура, клеевые соединения, прогнозирование, водостойкость, теплостойкость.

Kshyvetsky B.Ya. The Effect of Moisture and Temperature on the Strength of Thermoplastic Adhesive Hardwood Joints

The results of studies of the effect of atmospheric moisture and ambient temperature on the strength of polyvinyl acetate adhesive joints of hardwoods on the example of oak wood are given. A mathematical model for predicting the strength of thermoplastic adhesive wood joints is used. The results of predicting the strength of adhesive oak wood joints are analyzed. The influence of oak wood structure as well as chemical components of structured and unstructured polyvinyl acetate adhesives on the strength of adhesive joints during operation is investigated. The pattern of change in the strength of thermoplastic polyvinyl acetate adhesive oak wood joints depending on varying atmospheric moisture and ambient temperature is established.

Key words: adhesive, wood, strength, moisture, temperature, adhesive joints, predicting, water resistance, heat resistance.

УДК 502.17

Проф. О.М. Мандрик, д-р техн. наук –
Івано-Франківський НТУ нафти і газу

АНАЛІЗ ПРИЧИН АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА РУЙНУВАНЬ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Проаналізовано основні причини виникнення аварійних ситуацій на магістральних газопроводах. Встановлено, що у зв'язку зі старінням газотранспортної мережі та недосконалістю державного контролю за її безпекою, останніми роками спостерігається збільшення кількості аварій на газопроводах України. Узагальнений аналіз причин руйнування засвідчив різну їх специфіку та структуру залежно від географічного положення, кліматичних умов їх експлуатації та підходів до оцінювання аварійних ситуацій. Встановлено основні фактори, що сприяють підвищеній схильності металу трубопроводу до стрес-корозійного розтріскування, що потребує розроблення комплексного методу оцінювання та прогнозування їх безпечної експлуатації.

Ключові слова: екологічна безпека, аварійні ситуації, руйнування, газопроводи.

Актуальність. Газотранспортна система (ГТС) України складається з 38,55 тис. км газопроводів з компресорними станціями, 13 підземних сховищ газу, мережі газорозподільних і газовимірювальних станцій. Магістральні трубопроводи є найбільш капіталомісткими елементами газового комплексу держави. Оскільки вартість нового газопроводу на порядок вища від раніше побудованого, то економічно доцільно, спираючись на дані технічного та екологічного моніторингу, максимально продовжити технологічну та екологічно-безпечну експлуатацію газопровідних систем.

У зв'язку зі старінням газотранспортної мережі та недосконалістю державного контролю за її безпекою, останніми роками спостерігається збільшення кількості аварій на газопроводах України (розрив труб через просідання

грунту; утворення корозійних тріщин; деформація трубопроводів, спричинена зсувами і повеннями; електрохімічна корозія на ділянках підтоплення та ін.). Також зростає вплив на ГТС факторів глобальної зміни клімату: потепління, збільшення кількості та нерівномірності опадів, частота повеней та ін.

Внаслідок експлуатації більше 25 років значної частини газопроводів України зростає ризик виникнення аварійно-небезпечних дефектів та можливість їх руйнування. Це спричиняє надходження до атмосферного повітря, ґрунту та водойм складових природного газу. Нагромадження цих речовин в атмосфері є причиною порушення газового балансу, що може активізувати глобальну зміну клімату. Особливо небезпечними є сірчисті сполуки й окиси азоту, які спричиняють кислотні дощі, які здатні випадати на відстані багатьох сотень і тисяч кілометрів від джерела первісного викиду речовин. Під впливом кислотних дощів відбувається закислення вод озер і ґрунтів, змінюється їх хімічний склад, погіршується екологічний стан тощо [1].

Об'єкти та методи досліджень. Внаслідок тривалої експлуатації магістральних газопроводів, по-перше, знижуються захисні властивості ізоляційних полімерно-стрічкових та бітумних покриттів, які становлять 70-80 % від загальної протяжності газових магістралей, фактичний ресурс яких внаслідок деградаційних процесів визначається 8-12 роками [2, 3].

По-друге, під впливом тривалих функціональних, як зовнішніх та і внутрішніх навантажень, які формують високий рівень напружень, метал в стінках трубопроводів також зазнає процесів старіння, які є причиною їх техногенних відмов. Внаслідок деградаційних процесів у газопровідних сталях збільшується ризик в'язкого або крихкого руйнування газопровідних труб, оскільки зростає як кількість дефектів, так і рівень внутрішніх напружень, знижується опірність розвитку як тріщиноподібних дефектів, так і корозійно-втомних тріщин. Крім цього, причиною руйнування магістральних газопроводів є також природно-кліматичні фактори. Так, температурні впливи переважно уздовж осі труби зумовлюють значні поздовжні напруження, спричинені осьовим стиском або розтягом, а сейсмічні коливання, навантаження, спричинені дією води або вітру, зсуви та просідання ґрунтів, навантаження від обмерзання та налипання снігу, викликають осьові напруження від згинальних і крутних моментів, а також поздовжньої осьової сили [4].

Узагальнений аналіз причин руйнування засвідчив різну їх специфіку та структуру залежно від географічного положення, кліматичних умов їх експлуатації та підходів до оцінювання аварійних ситуацій. Так, структура магістральних газопроводів у Росії за терміном експлуатації розподіляється таким чином:

- до 20 років – 28,0 % (41582 км);
- від 21 до 30 років – 37,0 % (54949 км);
- більше 30 років – 35,0 % (51979 км) [3].

Таким чином, 72 % магістральних газопроводів Росії експлуатуються понад 20 років, а середній вік експлуатованих магістральних газопроводів досяг 34 роки [3]. На загаль, у Росії в 1990-2000 рр. близько 30 % випадків виникнення аварійних ситуацій зовнішня корозія, включаючи корозійне розтріскування під напругою або стрес-корозійне руйнування, є основною причиною руйнувань, тоді як механічні пошкодження (зовнішні впливи) є причиною руйнувань у

19 % випадків, а дефекти труб і брак у будівельно-монтажних роботах відповідно становлять 11,4 % та 22 % [3]. Причому, впродовж останніх років через зовнішню корозію було зареєстровано 63,4 % руйнувань, зокрема 58,5 % руйнувань були ідентифіковані як стрес-корозійні. Тоді як брак металу і дефекти зварки (дефекти труб) та брак у будівельно-монтажних роботах відповідно становлять 6,1 %, 18,3 % (24,4 %) та 12,2 %. Найбільша кількість руйнувань у 2000 р. спостерігалась через корозію під напруженням на магістральних газопроводах діаметром 1420 мм (59,4 %). Обстеженням понад 2500 км магістральних газопроводів за допомогою магнітного дефектоскопа (ДМТП-1400) "Спецнефтегаз" виявлено 70 одиночних тріщин і 984 колоній тріщин стрес-корозійного походження в одношовних закордонних і двошовних трубах Харцизького трубного заводу.

До 1990 р. частка аварій газопроводів Росії через корозійне розтріскування під напругою і пов'язаних з цим втрат газу не перевищувала 10 % від усіх аварій. З 1996 по 2000 рр. кількість таких аварій подвоїлась, а втрати від них досягли 50 % від загального збитку. Причому стрес-корозійне руйнування металу труб відбувалося тільки на газопроводах великого діаметра (табл.) з терміном експлуатації від 7 до 24 років.

Табл. Розподіл стрес-корозійних аварій по магістральних газопроводах різних діаметрів протягом 1989-2000 рр. [3]

Діаметр газопроводу, мм	1420	1220	1020	820	720
Частка аварій, %	46,74	38,05	13,05	1,08	1,08

Дані [7] щодо Європейських газопроводів (EGIG) за період з 1970 по 2010 рр. свідчать, що механічні пошкодження (зовнішні впливи) є причиною руйнувань у 48,4 % випадків, а дефекти труб і брак у будівельно-монтажних роботах становлять 18 %, зовнішня корозія є основною причиною руйнувань у 16 % випадків. Таким чином, головною причиною аварій на європейських газопроводах є зовнішні впливи, тоді як у Росії – корозія. Газотранспортна система України аналогічна російській. На сьогодні понад 75 % газопровідної системи України експлуатується понад 20 років [1,2]. Протягом 2002-2009 років на магістральних газопроводах України відбулося 414 випадків аварійних ситуацій, зокрема 5 аварій і 409 відмов.

Найбільша кількість аварій за останні роки відбулась на магістральному газопроводі "Уренгой – Помари – Ужгород": 11.04.2003 р. на 3736 км ділянці КЗ Дніпро – КС Ставище – КС Іллінці, 07.05.2007 р. на 3737 км ділянці КЗ Дніпро – КС Ставище – КС Іллінці і 06.12.2007 р. на 3854,3 км ділянці КС Іллінці – КС Бар. Результати аналізу цих масштабних аварій гільйотинного типу руйнування засвідчили, що їх основною причиною було утворення виявлених у зламі руйнування в осьовому напрямку труби на відстані до 25 мм від лінії сплавлення повздовжнього зовнішнього шва труби, корозійно-втомних тріщин довжиною 0,6-3,0 м та глибиною 6-12 мм за механізмом корозійного розтріскування під напруженням (стрес-корозії) внаслідок пошкодження захисного покриття труб, високої корозійної активності ґрунтів та порушення режимів електрохімічного захисту на аварійних ділянках траси [8, 9].

Такі стрес-корозійні тріщини здебільшого з'являються на зовнішній поверхні труби у вигляді колоній паралельних дрібних порушень суцільності орієнтованих, в основному, вздовж осі труби, які з часом, зливаючись, утворюють магістральну корозійно-втомну тріщину, переважно на відстані до 250 мм від зварного шва. Найчастіше вони виникають у нижній частині газопровідної труби. Залежно від корозійної активності ґрунтового середовища, навколо газопровідної труби спостерігається два типи корозійного розтріскування під напругою (стрес-корозії).

Міжкристалічному розвитку тріщин по товщині стінки труби, тобто її розгалуженню сприяють ґрунти, що містять середовище з високим показником кислотності ($\text{pH} > 8$). Розвиток тріщин за механізмом транскристалічного руйнування через водневе окислення відбувається у ґрунтах з нейтральним або кислотним середовищем ($\text{pH} \leq 8$) [9].

Вперше у практиці експлуатації магістральних газопроводів в Україні у квітні 2003 р. на ділянці КС "Ставище" – КС "Іллінці" магістрального газопроводу діаметром 1420 мм "Уренгой – Помари – Ужгород" сталося гільйотинне руйнування, яке, згідно з висновком Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона, відбулося за механізмом корозійного розтріскування під напруженням (стрес-корозії) металу труби внаслідок неконтрольованого розвитку магістральної корозійно-втомної тріщини глибиною 8 мм та довжиною 650 мм. Під час ремонтних робіт було замінено понад 80 м газопровідної труби [6,9].

Незважаючи на значні комплексні обстеження магістрального трубопроводу "Уренгой – Помари – Ужгород", проведені після першого руйнування, у травні 2007 р. на 3737 км магістрального газопроводу "Уренгой – Помари – Ужгород" відбулося гільйотинне руйнування близько 40 погонних метрів лінійної частини трубопроводу зі спалахом газу. Близько 12 м лінійної частини магістрального газопроводу з боку КС "Ставище" було відірвано внаслідок руйнування труби в пришовній зоні кільцевого зварного стику, звернуто в спіраль та відкинуто вибухом на 130 м. Близько 28 погонних метрів лінійної частини магістрального газопроводу з боку КС "Іллінці" було зруйновано по пришовній зоні повздовжнього зварного шва та плоско деформовано. На обох кінцях зруйнованого газопроводу в нижній напівсфері утворилися деформаційні гофри.

У цьому ж році 6 грудня на 3854,3 км магістрального газопроводу "Уренгой – Помари – Ужгород" відбулось гільйотинне руйнування близько 40 погонних метрів лінійної частини трубопроводу зі спалахом газу. Внаслідок аварії утворилася яма з глибиною до 10 м та розмірами 40×25 м. Три фрагменти лінійної частини магістрального газопроводу було відкинуто вибухом на відстані відповідно 62 м, 190 м та 383 м. У радіусі до 200 м були розкидані вибухом фрагменти 68 пригнурів УБО-1. У місці руйнування металу трубопроводу в пришовній зоні повздовжнього зварного з'єднання виявлено повздовжні корозійно-втомні тріщини, орієнтовані паралельно зварному шву.

Згідно з висновками фахівців інституту проблем міцності, параметри напружено-деформованого стану не були критичними, але вони сприяли руйнуванню газопроводу за умови наявності дефектів у газопровідній трубі. Зміна просторового положення ділянки газопроводу у вертикальній площині була зу-

мовлена надмірним баластуванням газопроводу, а в горизонтальній – вірогідною дією зсувних процесів на схилі прилеглого пагорба.

Описані вище аварії вказують на те, що найбільшу небезпеку для лінійної частини магістральних газопроводів становить стрес-корозійне руйнування металу труби, що знаходився в напруженому стані. Встановлено основні фактори, що сприяють підвищеній схильності металу трубопроводу до стрес-корозійного розтріскування [3]:

- а) близькість до компресорної станції (до 25 км), що сприяє підвищенню температури металу труби на виході з компресорної станції до 40 °С. З підвищенням температури зростають швидкості хімічних і електрохімічних реакцій у 2-3 рази на кожні 10 °С, зокрема зростає швидкість деструкції стрічкової ізоляції та швидкість корозії металу труби;
- б) використання труб, які за досвідом експлуатації мають підвищену схильність до стрес-корозійного розтріскування (діаметр 1420 мм, товщина стінки 15,7 мм, сталь 470 контрольованої прокатки);
- в) використання стрічкового захисного покриття (94,4 %), при використанні якого, за досвідом експлуатації, виявлена найбільша кількість аварій;
- г) висока корозійна активність ґрунту – швидкість ґрунтової корозії металу газопроводу досягає 0,38 мм/рік згідно з ДСТУ 4219-2003. Швидкість корозії металу в дефекті захисного покриття при працюючій системі електрохімічного захисту (швидкість залишкової корозії) досягає 0,01 мм/рік;
- д) тривалий час експлуатації – більше 23 років;
- е) наявність ділянок газопроводу в напружено-деформованому стані, а саме на згинах, опорних частинах і переходах з одного діаметра на інший.

Крім руйнувань газопровідних труб, внаслідок стрес-корозійного розтріскування, були руйнування, зумовлені істотним впливом добових коливань робочого тиску в газопроводах, що у поєднанні з дією експлуатаційного середовища спричинило появу та розвиток тріщиноподібних дефектів у стінках труб за механізмом корозійної втоми. Також варто зауважити, що низьколеговані сталі, що використовуються для будівництва газопроводів, уразливі до корозії. Аналіз розподілу відмов з причин виникнення засвідчує, що 35-40 % руйнувань магістральних газопроводів – за даними українських та російських дослідників – зумовлені зовнішньою (рис.) та внутрішньою корозією.



Рис. Система корозійних каверн на трубі діаметром 1420 мм магістрального газопроводу "Союз"

Загалом, зовнішнє корозійне руйнування магістральних газопроводів є поширішим, ніж внутрішнє, яке більш характерне для промислових газопроводів, оскільки вони працюють з неочищеним газом, що містить багато сірководню, вологи, вуглекислого газу тощо. Зауважимо, що корозійне руйнування внутрішньої поверхні стінок магістральних газопроводів має дуже небезпечні наслідки. У роботі [7] показано внутрішню поверхню труби в місці зародження тріщини, в газопроводі, який зруйнувався відразу після підвищення експлуатаційного тиску. Руйнування ініційовано у нижній частині труби, ураженої пітинговою корозією.

Аналогічна ситуація спостерігається і на вітчизняних магістральних газопроводах. За статистичними даними, внаслідок внутрішньотрубною діагностики стану магістральних газопроводів України виявляють близько 5000-6000 дефектів на кожні 100 км довжини. Значна частина цих дефектів є недопустимою і потребує ремонту. Дослідження технічного стану 25 % магістральних газопроводів ПАТ "УКРТРАНСГАЗ" засвідчили [180], що втрата понад 60 % металу становить 0,9 % від усіх випадків; втрата 41-60 % металу – 5 % випадків, а втрата 20-40 % металу – 45,5 % випадків.

Фахівці фірми "РОЗЕН Юроп Б.В." у 1996-2010 рр. провели діагностику близько 12000 км магістральних газопроводів. Внутрішньотрубна діагностика засвідчила ефективність щодо отримання максимуму інформації про розміщення виявлених у тілі труби дефектів та способу їх усунення. Для прикладу, на ділянці КС "Долина" – КС "Россош" на глибині залягання газопроводу більше 4 м було виявлено небезпечні дефекти з утратою металу понад 60 % по товщині стінки труби. За її результатами виявлено майже 400 аварійно небезпечних дефектів, які було ліквідовано різними методами [5, 6].

Крім цього, за допомогою інтелектуального поршня фірми "РОЗЕН Юроп Б.В." було обстежено технічний стан магістральних газопроводів ПАТ "УКРТРАНСГАЗ" на території філії УМГ "ЛьвівТРАНСГАЗ". Встановлено, що втрати металу є на зовнішній поверхні експлуатованих понад 20 років труб.

Однак застосування внутрішньотрубною діагностики дає змогу виявити дефекти, які мають розмір 10-15 % товщини стінки труби, тобто в найбільш поширеному сортаменті труб діаметром 1420×18,7 мм, виявляються стрес-корозійні тріщини глибиною понад 2 мм. В той час тріщини з глибиною до 2 мм в таких трубопроводах не виявляються, хоча їх підростання до критичних розмірів може відбутися протягом незначного часового періоду (1,4 років), який є менший, ніж проміжок між плановими діагностичними оглядами.

Таким чином, у процесі тривалої експлуатації на магістральні газопроводи можливий одночасний вплив навантажень, пов'язаних із складним напружено-деформованим станом (навантаження, спричинені дією природних факторів, температурні впливи, тощо), втомних навантажень, зумовлених експлуатаційними факторами (амплітудою зміни робочих тисків, стаціонарними та нестаціонарними процесами), деградаційними процесами, які по-перше, знижуючи захисні властивості ізоляційних полімерно-стрічкових покриттів, сприяють корозійним процесам, а по-друге, призводять до старіння металу в стінках трубопроводів. Сумарна дія перерахованих факторів спричиняє зародження та розвиток

тріщиноподібних дефектів і корозійно-втомних тріщин (див. рис.), які, поширюючись до критичних розмірів, призводять до їх катастрофічного руйнування.

Висновки. Отже, правильне розуміння та детальне вивчення цих питань дасть змогу розумно використовувати методи ідентифікації, діагностики й прогнозування руйнувань на ранніх стадіях її розвитку, що дасть змогу зменшити кількість відмов та аварій під час експлуатації магістральних газопроводів, що, своєю чергою, підвищить екологічну безпеку газотранспортної інфраструктури.

Обґрунтування безпечної експлуатації трубопровідних систем здійснюється за допомогою різних підходів до оцінювання корозійно-механічної дефектності металу труб, поєднання яких з врахуванням методології оцінки ризику і безпеки, без сумніву, знизить ризик виникнення аварійних ситуацій на магістральних газопроводах.

Продовження терміну служби та забезпечення надійної роботоздатності газопроводів, які експлуатуються в сучасних умовах, потребує розроблення комплексного (всебічного) методу оцінювання та прогнозування їх безпечної експлуатації. Тому важливими першочерговими завданнями в галузі підвищення еколого-техногенної безпеки газотранспортного комплексу України є:

- удосконалення системи екологічного моніторингу за об'єктами комплексу (від родовищ і трубопроводів до сховищ та об'єктів використання газу) на основі спостережень за змінами хімічного складу атмосфери та ґрунту, їх спектрально-фізичних параметрів та ін.;
- розроблення методології оцінювання впливу розмірів руйнування магістральних газопроводів та величини втрат витоку на формування ареалів забруднення;
- розроблення наукових основ та організація постійного екологічного аудиту на об'єктах газотранспортної інфраструктури.

Отже, представлені дані будуть слугувати базисом для розроблення та обґрунтування комплексного підходу до підвищення екологічної безпеки транспортування природного газу.

Література

1. Мандрик О.М. Розвиток наукових основ підвищення рівня екологічної безпеки при транспортуванні природного газу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук / О.М. Мандрик. – Івано-Франківськ, 2013. – 40 с.
2. Крижанівський Є.І. Корозійно-воднева деградація нафтових і газових трубопроводів та її запобігання : наук.-техн. посібн. у 3-х т. / Є.І. Крижанівський, Г.М. Никифорчин; за заг. ред. В.В. Панасюка. – Івано-Франківськ – Львів : Вид-во Івано-Франківського НТУ нафти і газу, 2011. – Т. 1: Основи оцінювання деградації трубопроводів. – 2011. – 457 с.
3. Мазур І.І. Безпечність трубопроводних систем / І.І. Мазур, О.М. Іванцов. – М. : Изд-во "Еліма", 2004. – 1104 с.
4. Бородавкін П.П. Механіка ґрунтів в трубопроводі транспорті / П.П. Бородавкін. – М. : Изд-во "Недра", 1986. – 62 с.
5. Синугаєв М.Ф. Стрес-коррозія на магістральних газопроводах і людський фактор / М.Ф. Синугаєв, П.В. Климов, А.К. Гумеров і др. // Территория "Нефтегаз" : сб. науч. тр. – 2008. – № 8. – С. 32-36.
6. Ничипоренко М.В. Досвід діагностування магістральних газопроводів ДК "Укртрансгаз" за допомогою внутрішньої трубної інспекції поршнів / М.В. Ничипоренко, Є.Б. Іваник // Трубопровідний транспорт : зб. наук. праць. – 2010. – № 6 (66). – С. 7-8.
7. Gas pipeline incidents. 8th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group / D. van den Brand, R. Kenter. – Groningen : EGIG, 2011. – 43 p.

8. Борисенко В.А. Коррозионное разрушение газопроводов / В.А. Борисенко, Ю.П. Ниханенко, В.И. Крикун // Проблемы коррозии та протикорозійного захисту матеріалів (Коррозія-2006). – У 2-х т. – Спецвип. журналу "Фізико-хімічна механіка матеріалів": VIII міжн. конф. – вист., 6-8 черв. 2006 р. : зб. праць. – 2006. – Спец. вип. № 5. – С. 296-299.

9. Красовський А.Я. Оцінка залишкового ресурсу трубопроводу, ушкодженого стресс-корозією / А.Я. Красовський, І.В. Ориняк, І.В. Лохман // Трубопровідний транспорт : зб. наук. праць. – 2011. – № 2 (68). – С. 18-21.

10. Говдяк Р.М. Енергоекологічна безпека нафтогазових об'єктів / Р.М. Говдяк, Я.М. Семчук, Л.Б. Чабанович та ін. – Івано-Франківськ : Вид-во "Лілея НВ", 2007. – 556 с.

Мандрык О.Н. Анализ причин аварийных ситуаций и разрушений магистральных газопроводов

Проанализированы основные причины возникновения аварийных ситуаций на магистральных газопроводах. Установлено, что в связи со старением газотранспортной сети и несовершенством государственного контроля за ее безопасностью, в последние годы наблюдается увеличение количества аварий на газопроводах Украины. Обобщенный анализ причин разрушения показал различную их специфику и структуру в зависимости от географического положения, климатических условий их эксплуатации и подходов к оценке аварийных ситуаций. Установлены основные факторы, способствующие повышенной склонности металла трубопровода к стресс-коррозионному растрескиванию, что требует разработки комплексного метода оценки и прогнозирования их безопасной эксплуатации.

Ключевые слова: экологическая безопасность, аварийные ситуации, разрушение, газопроводы.

Mandryk O.M. The Analysis of the Accidents Causes and Gas Mains Damage

The main causes of accidents on distance pipelines are analyzed. It was established that due to the aging gas transport network and imperfect state control over its security in recent years, an increase in the number of accidents on pipelines in Ukraine is observed. Generalized analysis showed different destruction causes of their specificity and structure depending on the geographical location, climatic conditions of use and approaches to assess emergency situations. The main factors contributing to increased susceptibility to metal piping stress corrosion cracking that requires the development of a comprehensive method for assessing and predicting their safe operation, are identified.

Key words: pipeline, ecological safety, accidents, destruction, pipelines.

УДК 630*[161+811.2]

Доц. І.М. Сопушинський, д-р с.-г. наук;

проф. І.С. Вінтонів, канд. біол. наук; здобувач І.І. Харитон;

здобувач Р.В. Осташиук – НЛТУ України, м. Львів

ОСОБЛИВОСТІ КВАЛІМЕТРІЇ ДРОВ'ЯНОЇ ДЕРЕВИНИ

Розглянуто особливості кваліметрії дров'яної деревини, яку поставляли на Перецинський лісохімічний комбінат. Основний акцент зосереджено на кваліметрії дров'яної сировини в розрізі "порода – щільність – вологість – теплотворна здатність". Запропоновано візуальний поділ дров'яної деревини на три групи за якісними характеристиками. Визначено щільність дров'яної деревини в абсолютно сухому стані для ясен звичайного, дуба звичайного, бука лісового, клена-явора, граба звичайного та берези бородавчастої. Проаналізовано вплив абсолютної вологості на теплотворну здатність деревини.

Ключові слова: дров'яна деревина, кваліметрія, теплотворна здатність, щільність деревини.

Вступ. Дров'яна деревина є основним видом екологічного палива, внаслідок спалювання якого утворюється найменше сірчистих сполук, порівняно з нафтою, кам'яним вугіллям тощо. Нешкідливий вплив на довкілля зумовлений однаковим хімічним складом деревинної речовини у всіх порід, зокрема абсолютно суха деревина містить вуглець (50 %), кисень (43 %), водень (6,3 %), азот (0,04-0,26 %) і мінеральні сполуки (0,3-1,2 %) [2, 4, 5]. З огляду на зазначене вище, особливої уваги потребує ефективне використання дров'яної деревини як відновлювального джерела енергії та збільшення внутрішнього енергетичного потенціалу лісових регіонів. Так, прогнозовані розрахунки об'єму річної заготовки відходів деревини в Україні становлять понад 21 млн м³ [5]. Однак обсяг дров паливних, який планується заготовити від рубок головного користування у 2015 р. є незначним порівняно з прогнозованими розрахунками і становить 1,209 млн м³, зокрема для твердолистяних порід: дуб – 212,6 тис. м³, бук – 207,5 тис. м³, ясен – 39,8 тис. м³, клен – 32,8 тис. м³, граб – 113,3 тис. м³ та береза – 97,5 тис. м³ [8].

У технологічному розрізі ефективність використання дров'яної деревини залежить від деревного виду та фізичних характеристик деревини, які визначають її теплотворну здатність. Останнє проявляється внаслідок виділення теплоти при її згорянні [1, 2]. До важливих характеристик дров'яної деревини як твердого біопалива належить її питома теплотворна здатність, яка визначається кількістю отриманого тепла при спалюванні 1 кг деревинної речовини. З практичної точки зору, заслуговує на увагу питання впливу абсолютної вологості деревини на теплотворну здатність (рис. 1) [7].

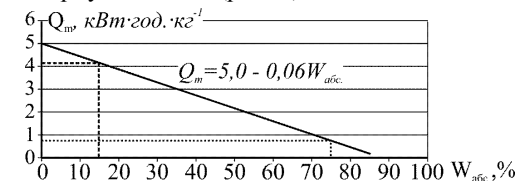


Рис. 1. Вплив абсолютної вологості ($W_{абс}$) на теплотворну здатність деревини (Q_m)

Теплотворна здатність деревини є найменшою у свіжозрубаному стані деревини (приблизно $W_{абс}=75\%$) і становить 0,8 кВт·год·кг⁻¹ (рис. 1). Здебільшого використовують дров'яну деревину у повітряно-сухому стані (приблизно $W_{абс}=15\%$), що досягається 1...2-річним зберіганням деревини під навісом, а її теплотворна здатність становить приблизно 4,15 кВт·год·кг⁻¹. Між теплотворною здатністю і абсолютною вологістю існує така залежність: "із збільшенням вологості деревини на 5 % теплотворна здатність деревини зменшується приблизно на 0,3 кВт·год·кг⁻¹".

У лісопромисловому комплексі використовують показник об'ємна теплотворна здатність деревини, на яку істотно впливає порода, розміри та форма неліквідних деревинних залишків, наявність гнилизни та щільність деревини. З огляду на це, поглиблення знань кваліметрії деревинної сировини як твердого енергоносія біологічного походження створює наукове підґрунтя для удосконалення технологічних процесів хімічної перероблення деревини та підвищення енергетичної ефективності під час використання деревини як палива.